



一种 追踪

有毒污染物质 的方法

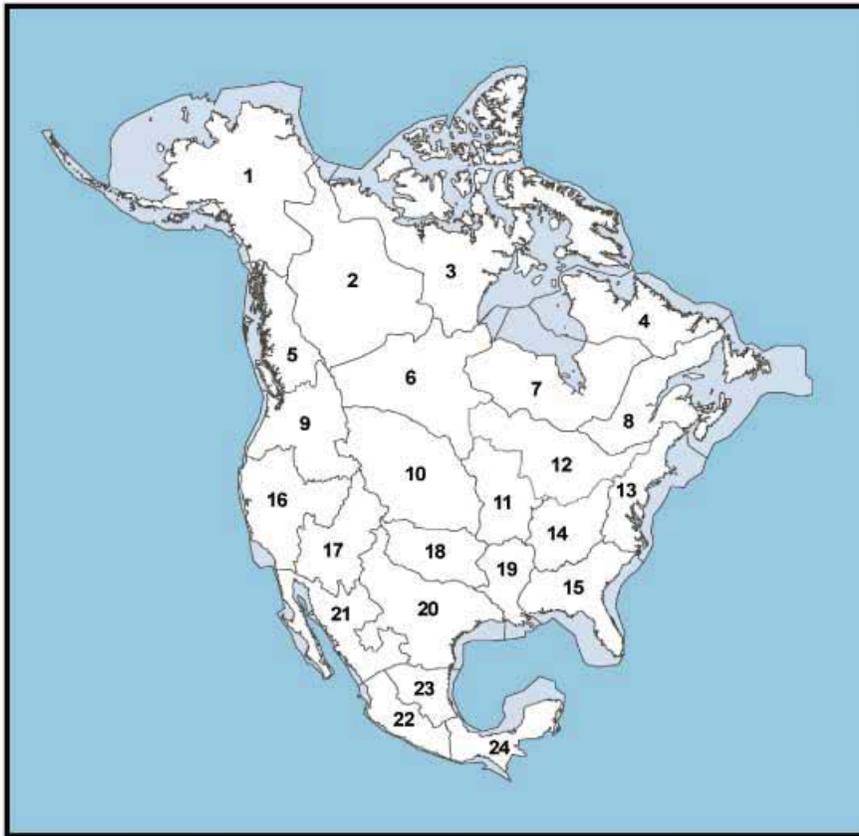
近年来，高浓度的毒杀芬（toxaphene）在北美五大湖的存积成了一个谜。令人感到疑惑的是毒杀芬在五大湖附近的地区使用得并不多。毒杀芬于上世纪四十年代首次投入使用，主要在美国东南部地区用作棉田杀虫剂和除草剂。美国已于1986年开始禁止使用毒杀芬，但是由于其持久性，时至今日，仍在环境中测得其存在——并对离该化学物质大量使用的地区1,000英里之遥的五大湖造成超乎正常水平的影响。

科学家们一向怀疑毒杀芬是从美国东南地区迁移过来的。虽经10年的努力，却未能将该化学物质从五大湖清除，其顽固性令人感到困惑。最近，一个由加拿大和美国科学家共同研究出来的模型声称可以对这一现象进行解释。该模型是由位于加利福尼亚州伯克利市的劳伦斯伯克利国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory)和加拿大安大略省彼得堡市Trent大学的加拿大环境模型中心共同建立的，被冠名以“污染物质去向质量平衡模型”。该模型也许可以对化学物质长距离迁移作出解释。

这一模型，也就是通常所说的BETR（伯特）

北美模型（以相关的两个机构命名），包括了大量的气象学和毒素排放数据，同时，也考虑了所在地区的土壤、水、和植被吸收和排放污染物质的情况。换句话说，该模型综合考虑了质量平衡方程。尽管还有其它大陆模型可以用来评估污染物质的迁移，但是，这些模型都侧重于空气运送模式，而未考虑污染物质与植被、土壤、和水的相互作用。正如伯克利实验室高级科学家，模型的参与者之一Tom McKone解释，BETR北美多媒体模型测量了所在地区的土壤、水、和植被相对于特定污染物质可溶解性的吸收特性。地区吸收污染物质能力的差异决定了污染物质的转移程度。

"此类交换将周而复始，"McKone说，"污染物质渗入土壤和植被，当风向变了，它们又向外渗透，然后又回到土壤和植被。以毒杀芬或二恶因为例，对渗透断面进行观察，其99.9%是在土壤和植被中。但恰恰是存在于空气中极少的一部分能移动。结果是，由于有足够的蒸发压力使其一部分进入空气，污染物就会进行自我重新分布——但这一自我重新分布是在其向土



BETR北美洲划区 (按水域和土壤类型进行划分)

1. 育空河-阿留申群岛
2. 麦肯基河
3. 北极群岛
4. 昂加瓦-古斯贝湾
5. 弗雷泽河和斯基纳河
6. 萨斯喀彻温河
7. 詹姆斯湾-加拿大地盾
8. 圣劳伦斯湾
9. 哥伦比亚河
10. 密苏里河和夏延河
11. 密西西比-欧扎克
12. 大湖盆地
13. 阿帕拉齐-大西洋海岸
14. 俄亥俄河-阿勒格尼
15. 蓝山-埃弗格来兹
16. 内华达山脉-太平洋海岸
17. 科罗拉多河
18. 阿肯色河-高平原
19. 密西西比三角洲
20. 格兰德河
21. 下加利福尼亚
22. 马德里德尔南部山脉
23. 马德里东部山脉
24. 尤卡坦半岛

壤及植被内渗透后产生的残余。这一过程是在空气、地表土壤、和植被之间进行交流的过程是以往未曾观察到的。

McKone说,着重观察吸收率是BETR北美模型区别于其它模型的一个特征。另一个特征就是所测量的对象是广阔的自然区域,而不是其它建模方式所采用的网格结构。BETR北美模型将加拿大、美国、及墨西哥按水域和土壤类型划分为24个区,各区又进一步划分为七个层次:分别为高大气层、低大气层、淡水层、淡水沉积层、土壤层、沿海水域层和植被层。根据这一划分,共得出168个质量平衡方程,对这一模型进行定义。

到目前为止, Berkeley -Trent的科学家们已将此模型应用于几种化学物质,其中,对毒杀芬的观察是最详细的。Trent大学研究生,该模型的主要开发者Matt MacLeod说,有关研究已经验证了BETR北美模型的精确性,因为验证结果与以往的测量结果是一致的。他说,该模型正确预测到,大气条件以及地区污染物质吸收水平将造成毒杀芬由密西西比三角洲向五大湖迁移,以及在过去的10年或15年内会达到一个相对稳定的水平。

BETR北美模型的起源

据MacLeod说, BETR北美模型是由以往的模型发展演变而来的。其中,比较有名的一个模型是ChemCAN。BETR与这一模型极为相似。ChemCAN是由Trent大学环境与资源研究教授Don Mackay创建的。他也参与了BETR北美模型的建立。ChemCAN按照各地区水、土壤、和植被吸收污染物质的能力将加拿大划分成24个区。MacLeod说, ChemCAN重点研究的是污染物质的化学特性以及与各种环境条件之间是如何相互影响的。'ChemCAN未对化学物质的去向进行研究,只是研究了它在空气和水或空气和土壤之间的分配情况',他说: '此处缺少的是没有对离开原始污染区的污染物的去向进行追踪。'

在一个由加拿大卫生署和加拿大环境署管理的加拿大政府研究项目——有毒物质初步探索——的资助下,加拿大研究人员开始着手绘制污染物质跨地区移动地图。由于加拿大研究人员与伯克利实验室有合作关系,再加上伯克利实验室对建立新模型的工作也有兴趣,一项以建立一个适用于整个北美洲的模型

为目的的国际合作项目就这样诞生了。

可以创建一个大陆模型的前景是很有诱惑力的,因为,正如McKone所说的, 科学研究人员对二恶因、汞、滴滴涕(DDT)等永久性污染物质的长距离移动的认识还很欠缺。到目前为止, BETR北美模型所进行的大量工作都是为了收集化学物质质量平衡数据——也就是说,这些化学物质释放到环境中以后,最后去向在哪里?数量分布情况如何?据McKone说,下一阶段的工作将更多考察人类受暴露的情况。

'我们目前正致力研究食物分布情况',他说, '我们在进行暴露和风险评估时,往往倾向于将考察范围局限在某一地区。但有了这个模型以后,我们就可以像五十年代研究核辐射那样,在全国范围内对核辐射进行追踪,并且发现,即使是在内华达进行的核试验也会对纽约州的牛奶产生影响。'

McKone说,进行此项研究是将食物分布模式与该模型的污染物质移动模式重叠。他说: '也许,一个地区输出的污染物质有可能会通过食物供应渠道又回到这一地区。'例如,他解释说,旧金山的污染物质往往会被风刮向内陆农业区,因此旧金山的空气变得清新

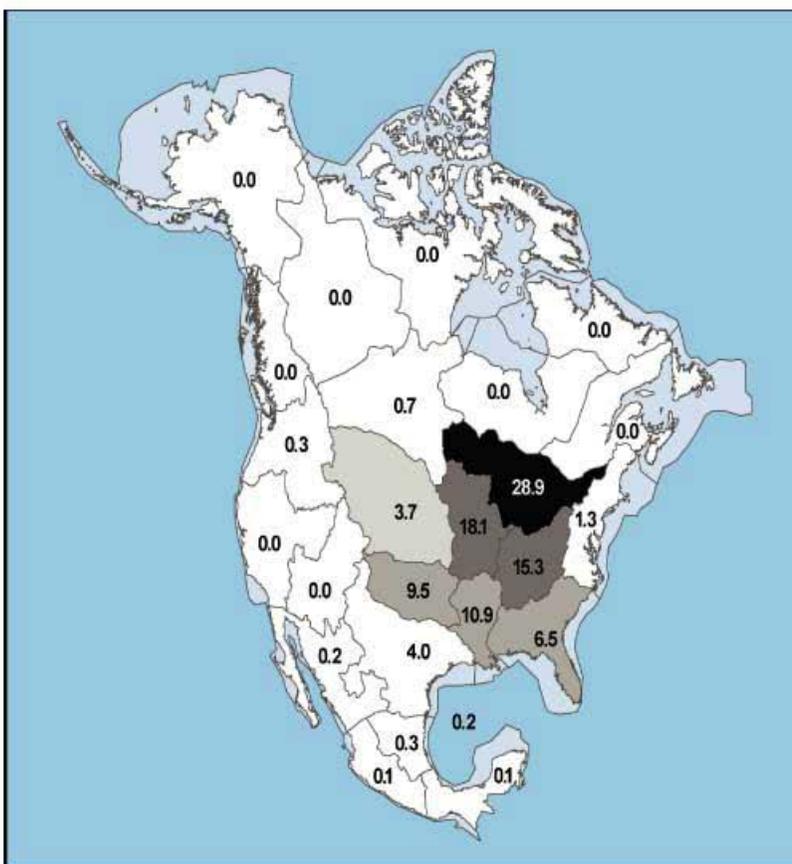
——但是，农业区有可能将含相同污染物的农产品卖往旧金山。McKone说，在北美大陆这样大的范围内，BETR北美模型也许可用来确定华盛顿州出产的苹果——打个比方，销往新英格兰地区（含美国东北部六个州。编者注。）中的某种污染物质的来源。

“一旦这一模型建好并投入运行，”MacLeod说：“我们就可以从有毒排放物数据库（一个由美国环保局管理的有毒化学物质排放情况和由其它工业部门报告的废物管理信息的公共数据库）提取数据并对可能造成的人类暴露进行估算。然后，我们就可以对生活在不同区域的人群及其食物来源进行考察，并进一步推算出可预期被测化学物质的摄入量。可以这么说，有毒化学物质排放进入环境后，最终其一部分将进入某些人的体内。我们利用有毒排放物数据库，使用BETR北美模型算出摄入量与排放量的比例来得出摄入速度。”

其它方面的应用

McKone和MacLeod预言，BETR北美模型可能会有助于州、地区、甚至国家进一步认识污染引起的后果并形成更有效的管理措施。“有了这个模型之后，就可以对污染物的行踪逐个进行考察，”McKone说，“我认为这将有助于将国与国之间存在的跨国界污染问题明确化。过去的（跨国界污染）一般只是酸沉积问题，还不曾提出过永久性污染物质的跨国界污染。”

MacLeod以毒杀芬研究为例说明了BETR北美模型对政策制定者的启发作用。“当时我们选择研究毒杀芬的一个动因就是其明显的令人困惑不解的浓度‘粘性’，尽管已制定严格的措施来限制有关化学物质的使用，但却看不到环境质量的持续改善，”他说，“但是，模型却可以告诉你，变化正在发生：一旦清



毒杀芬的迁移：该杀虫剂主要在美国东南地区使用，随风迁移横跨越北美大陆，并通过大气中沉积在五大湖中。图中颜色越深的地区，造成五大湖毒杀芬沉积作用越大。各地区标出的数字为该地区所使用的毒杀芬造成的大气总负载百分比。

除本地污染源之后，整个环境系统中的浓度就开始受到来自更大范围的因素的影响。“MacLeod认为从鼓励政府及个人支持化学物质进行管理的工作的角度来看，这一模型是极有价值的。”它可以向你形象地展示，采取某一项措施后，会产生哪些效益，”他说，“而且，它鼓励进行国际间的合作。”

位于北卡州三角区科技园美国国家环保局国家暴露研究实验室主任助理Tim Watkins对BETR北美模型进行了详尽的研究与探讨，并得出结论：这一模型在他所工作的领域——研究如何追踪永久性有毒物质在环境中的动向——有广阔的应用前景。对环保机构来说，模型并不是什么新事物。但Watkins认为，这个模型采用的多媒体框架却颇具新意，与其他类型的模型相比，具有一定的优势。“我认为要是能在空气和水以及水和土壤之间建立联系可能会产生更大的效果，因为要将这些不同的层次联系在一起实在是一件非常棘手的事，”他说。

BETR北美模型是否有希望成为一个全球性的工具呢？也许会。MacLeod说，Berkeley-Trent小组已开始研究将这一模型在全球范围内加以应用。但这将是一项艰巨的任务，因为，世界各地区的政治环境以及数据采集和监控手段的差异都有可能构成严重的问题。“在北美洲，此项工作就没有那么困难，因为加拿大和美国都有现成的数据库，具备我们所需的环境参数——如降雨率、河流流速、以及气象资料。”MacLeod说。

但是，正如McKone指出的那样，目前有些人认为，加利福尼亚州空气质量最大的威胁将是来自中国排放的永久性污染物质。当此之时，空气污染也正日益成为一个严重的全球性问题。他说，BETR北美模型可以成为一个帮助政策制定者理解问题的有效工具。

“这一模型确实为进行一些方案设计提供了机遇，”他说，“例如，随着墨西哥与美国边境地区迅速的工业化，各种有机化学物质的排放是否会大量增加？对美国会产生什么样的影响？我想，政策制定者可以利用这一模型作为工具，对此类问题进行考察。”

— Richard Dahl
译自 *Environmental Health Perspectives*
110: A408–A411 (2002)